

Т.Н. Замота, доц. канд. техн. наук,

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Р.В. Зорин, ассистент

Луганский национальный аграрный университет

Определение выхода по току при ЭХМП сопряжения вал-вкладыш при наличии макрогеометрических отклонений

В статье для математического описания электрохимико-механической приработки сопряжения вал-вкладыш при наличии макрогеометрических отклонений определен выход по току материала вкладыша.

электрохимико-механическая приработка, выход по току, макрогеометрические отклонения

Проблема повышения эффективности качества приработки основных сопряжений агрегатов и машин до сих пор является актуальной. В результате анализа причин потери работоспособности узлов и механизмов машин установлено, что около 75 % отказов вызвано износом их узлов трения. Одним из широко применяемых, но недостаточно надежных по критерию износостойкости узлов трения являются подшипники скольжения[1].

Для приработки основных сопряжений двигателей применяют различные методы. Они хорошо описаны в работе Н.В. Храмцова [2]. По мнению автора, современные методы приработки подшипников скольжения имеют целый ряд недостатков. Стремление понизить коэффициент трения в начальный период приработки затрудняет макрогеометрическую приспособляемость поверхностей. Добавление различного рода абразивных частиц в зону трения хоть и решает вопросы макрогеометрической приработки, но приводит к шаржированию поверхности с повышенными эксплуатационными износами. Снижение вязкости смазочных материалов могут привести к сближению трущихся поверхностей, появлению зон непосредственного металлического контакта, что, в свою очередь, приводит к задиру.

Наиболее прогрессивными являются совмещенные способы приработки, позволяющие повысить эффективность процесса механического взаимодействия трущихся поверхностей за счет электрических, химических и других воздействий.

Одним из таких способов является электрохимико-механическая приработка (доводка) (ЭХМП(Д)) [3]. Разработанная технология ЭХМП(Д) показала высокую эффективность при приработке автотракторных двигателей.

Преимущества электрохимико-механического воздействия для выравнивания трущихся поверхностей широко используется в США и Китае [4,5,6]. Применение совмещенных процессов позволяет получать высокоточные профили поверхностей на твердосплавных деталях или там, где требуется высокая точность геометрической формы (например, при выравнивании жестких дисков ЭВМ).

Теоретическая проработка особенностей ЭХМП(Д) коренных и шатунных опор показала, что линейный износ в каждой конкретной точке подшипника скольжения происходит с определенной скоростью, обратно пропорциональной величине межэлектродного зазора h . Согласно [7] изменение величины h от времени описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{k}{h}, \quad (1)$$

где $k = \frac{1}{2} \cdot \frac{\chi \varepsilon}{\rho} \cdot \eta_a (U - \varphi_a + \varphi_k)$,

$\frac{1}{2}$ – коэффициент, учитывающий анодный полупериод переменного тока, при

котором происходит травление одной из деталей сопряжения;

U – рабочее напряжение;

φ_a – анодный потенциал;

φ_k – катодный потенциал;

z_a – анодный выход по току;

χ – удельная электропроводимость электролита;

ρ – плотность материала;

e – электрохимический эквивалент материала анода.

Изменение зазора в каждой конкретной точке в зависимости от времени выразится следующим выражением:

$$h = \sqrt{h_i^2 + 2kt} = \sqrt{h_i^2 + \frac{\chi \varepsilon}{\rho} \cdot \eta_a (U - \varphi_a + \varphi_k) \cdot t}. \quad (2)$$

Учитывая то, что толщина смазочного слоя h_i описывается известной функцией

$h_i = \frac{S_0}{2} (1 + \frac{e}{S_0/2} \cdot \cos \varphi)$, получим:

$$h = \sqrt{\left(\frac{S_0}{2} (1 + \frac{e}{S_0/2} \cdot \cos \varphi)\right)^2 + \frac{\chi \varepsilon}{\rho} \cdot \eta_a (U - \varphi_a + \varphi_k) t}, \quad (3)$$

где S_0 – начальный монтажный зазор;

e – величина эксцентриситета;

φ – угол поворота.

Из полученной зависимости видно, что изменение зазора в подшипнике скольжения при ЭХМП(Д) напрямую зависит от выхода по току, рабочего напряжения процесса, катодного и анодного потенциалов трущихся поверхностей и других электрохимических параметров процесса. Изучение особенностей электрохимико-механической приработки (доводки) подшипников скольжения невозможно без определения зависимости выхода по току от плотности тока, протекающего через трущиеся поверхности вкладыша и вала.

Поэтому целью данной работы являлось определение выхода по току в сопряжении вал-вкладыш.

Исследования проводились на машине трения СМЦ-2 по схеме ролик-колодочка. Подшипники имитировались колодочками, изготовленными из реальных вкладышей двигателя Д-240. В процессе опытов изучался износ колодочек и формируемая площадь пятна контакта при опытных условиях.

Кроме того определялся удельный износ вкладышей, представляющий собой отношение износа колодочек к площади контакта. В качестве источника тока

использовался трансформатор, а регулировка токовых параметров производилась ЛАТРом.

Порядок проведения опытов следующий. Перед опытом колодочка очищалась, тщательно промывалась, обезжиривалась, взвешивалась на аналитических весах WA-31 с точностью 0,1мг и затем монтировалась в оправку. Оправка устанавливалась на вал поворотной бабки машины трения. Нагрузка на колодочку в опытах составляла 20 и 40Н. Под одну сторону колодочки подкладывались подкладки для создания перекоса в три раза превышающего допустимые значения и тем самым моделировались условия приработки сопряжения с макрогеометрическим отклонением.

В зону трения подавался электролит, состоящий из 84% глицерина и 16% водного 20%-го раствора Na_2CO_3 . Каждый опыт проводился в течение 5 мин, частота вращения вала - 300 мин⁻¹. По истечению времени опыта выключался привод, отключался ток, прекращалась подача электролита. Повторность каждого опыта - трёхкратная.

Исследования условных выходов по току осуществлялось с помощью медных кулонометров по общепринятой методике [8]. Однако работа на переменном токе потребовала постановки двух диодов Д1 и Д2, которые отделяли токи положительных и отрицательных полупериодов (рисунок 1).

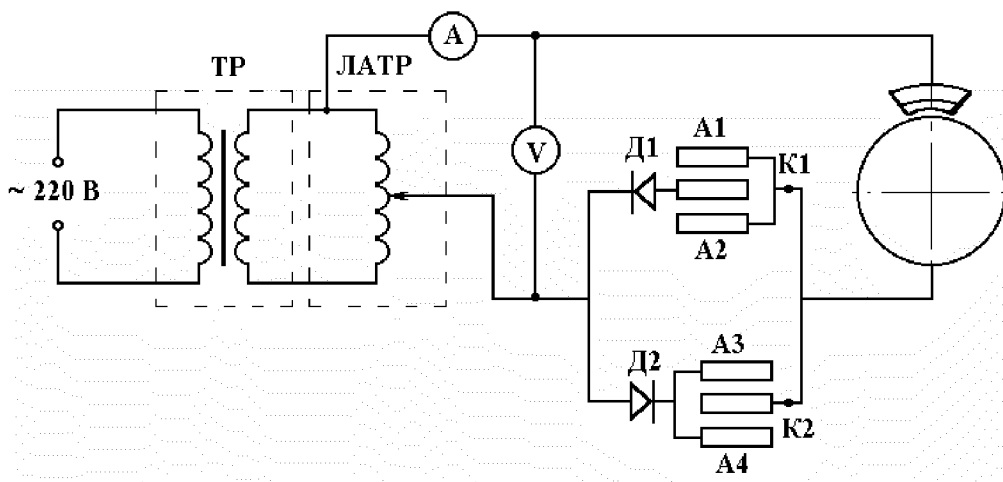


Рисунок 1 – Схема подсоединения кулонометров

Расчет осуществлялся по следующей формуле:

$$BT(\eta) = \frac{m_{me} \cdot g_{cu}}{g_{me} \cdot m_{cu}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где m_{me} – масса металла, выделившегося на катоде, г;

$g_{me} = \frac{\mathcal{E}_{me}}{F}$ – электрохимический эквивалент осаждаемого металла, г/А·ч;

\mathcal{E}_{me} – эквивалентная масса металла;

F – число Фарадея ($F=26,8 \text{ А} \cdot \text{ч/г-экв}$);

I – сила тока, А;

τ – продолжительность электролиза, ч;

m_{cu} – масса меди, выделившейся на катоде медного кулонометра, г;

$g_{cu} = \frac{\mathcal{E}_{cu}}{F}$ – электрохимический эквивалент меди, г/А·ч.

Количество прошедшего электричества в А·ч определялось по формуле (5):

$$q = \frac{m_{cu}}{g_{cu}} = I \cdot \tau . \quad (5)$$

В результате проведенных исследований были получены зависимости износов и формирующихся площадей пятен контакта для вкладышей подшипников скольжения двигателей из АО20 при изменяющейся плотности тока в электролите .

Как видно из рисунка 2, максимальный износ вкладышей соответствовал минимальным плотностям тока. Кроме этого, увеличение нагрузки с 20 до 40Н приводило к возрастанию износа с 7 до 12 мг при плотности тока 500А/м². Дальнейшее повышение плотности тока уменьшало влияние механического фактора. При больших плотностях тока (свыше 6000 А/м²) износы при нагрузках 20 и 40Н находятся в пределах 6...8мг.

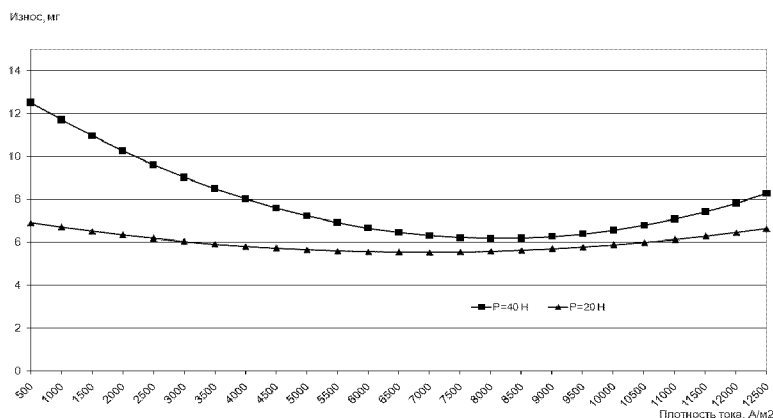


Рисунок 2 – Влияние плотности тока на износ колодочки

Увеличение плотности тока вызывало рост площади пятна контакта (рисунок 3). Величина нагрузки в опытах не оказывала существенного влияния на формируемую площадь. При плотности тока 5500 А/м² площадь пятна контакта при различных нагрузках была около 25 мм².

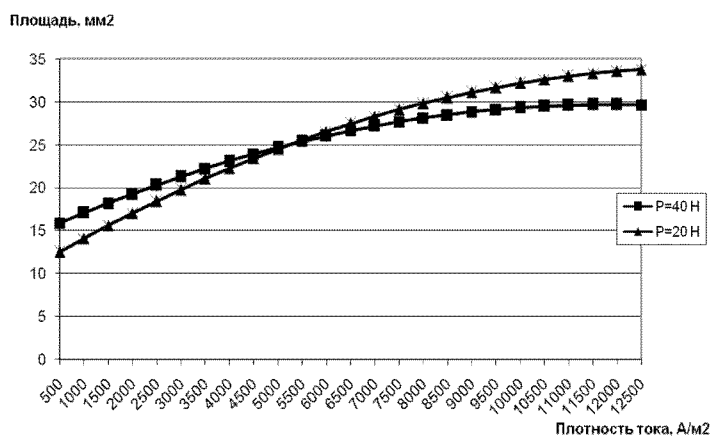


Рисунок 3 - Влияние плотности тока на развитие площади пятна контакта

Удельный износ вкладышей уменьшался с ростом плотности тока (рисунок 4). Но свыше 6000 А/м² ни нагрузка, ни токовые параметры не изменяли величину удельного износа вкладышей с 0,2...0,3 мг/мм². Это может говорить о том, что

относительно большие плотности тока повышают энергоёмкость процесса, но не способствуют его интенсификации.

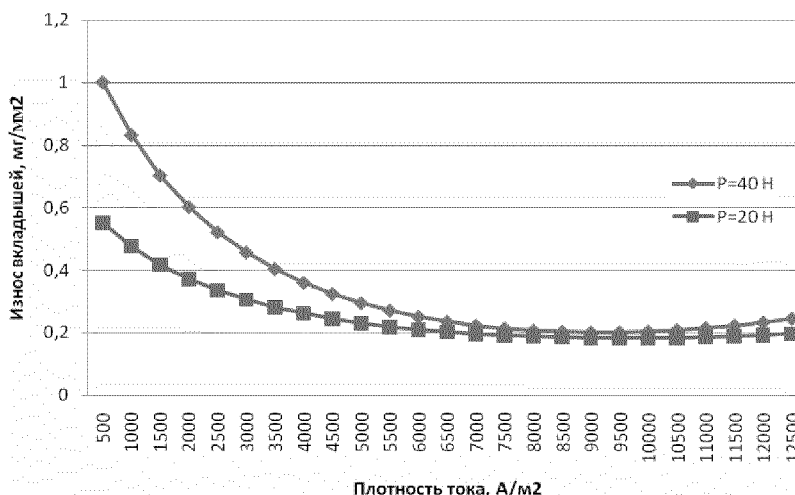


Рисунок 4 – Удельный износ вкладышей

Наиболее интенсивно процесс электрохимико-механической приработки сопряжения вал-вкладыш будет протекать при выходах по току (ВТ) близких к 100%. Такие значения ВТ наблюдались при плотностях тока менее 1000 А/м². При большой плотности тока (см. рисунок 5) эффективность процесса снижена, износ происходит за счёт механического фактора и выход по току не превышает 10%.

Выход по току, %

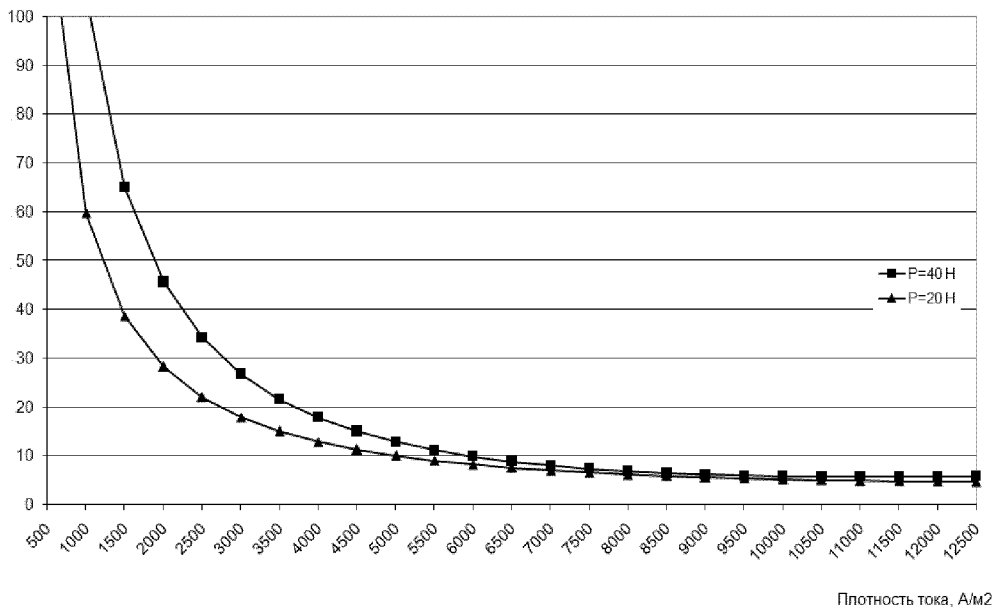


Рисунок 5 – Влияние плотности тока на выход по току

Выводы.

1. Электрохимико-механическая приработка (доводка) позволяет эффективно прирабатывать подшипники скольжения двигателей при наличии макрогеометрических отклонений.

2. Электрохимический фактор процесса ЭХМП(Д) оказывает значительное влияние на процесс приработки сопряжения вал-вкладыш при плотностях тока до 1000 A/m^2 .

3. Максимального значения выхода по току (до 100%) можно достигнуть при плотностях тока до 500 A/m^2 .

4. Повышение плотности тока свыше 6000 A/m^2 нецелесообразно из-за низких значений выхода по току (≤ 10).

Список літератури

1. Псьол С.В. Методи оцінки зносу і надійності підшипників ковзання в умовах змінних навантажень. Автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук. 05.02.04-Тертя та зношування в машинах – Хмельницький, 2003. – 22 с.
2. Храмов Н.В. и др. Обкатка и испытание автотракторных двигателей. / Храмов Н.В., Королёв А.Е., Малаев В.С.- М.: Агропромиздат, 1991.- 125с.
3. А.с. 1045049 СССР. Способ приработки деталей. / Алексеев В.П., Болдарь Л.Н., Михалев В.Д. Оpubл. 30.09.83. Бюл.№36.
4. Alan S. Brown. Flat, Cheap, and Under Control. IEEE Spectrum. – January 2005. – pp.40– 45.
5. L. Economikos, X. Wang, A. Sakamoto, P. Ong, M. Naujok, R. Knarr, L. Chen, Y. Moon, S. Neo, J. Salfelder, A. Duboust, A. Manens, W. Lu, S. Shrauti, F. Liu, S. Tsai, W. Swart. Integrated Electro-Chemical Mechanical Planarization (Ecmp) for Future Generation Device Technology. IEEE, 2004. – pp.233– 235.
6. Yuan– Long Chen, Shu– Min Zhu, Shuo– Jen Lee and other. The technology combined electrochemical mechanical polishing. Journal of Materials Processing Technology 140 (2003). – pp.203– 205.
7. Замота Т. Н., Зорин Р. В., Теоретические предпосылки обеспечения компенсации неточностей многоопорного вала с помощью ЭХМП(Д) / Т. Н. Замота, Р. В. Зорин // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.–Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2008. -№ 91. – 309 с.
8. Практикум по прикладной электрохимии. Учебное пособие для ВУЗов./Под ред. Н.Т. Кудрявцева и П.М. Вячеславова.- 2-е изд., перераб. и доп.-Л.:Химия, 1980.- 288 с.

Т. Замота, Р. Зорин

Визначення виходу по струму при ЭХМП сполучення вал-вкладиш за наявності макрогеометричних відхилень

В статті для математичного опису електрохіміко-механічного припрацювання сполучень вал-вкладиш за наявності макрогеометричних відхилень визначений вихід по струму матеріалу вкладиша.

T. Zamota, R. Zorin

Determination of output on a current at ECMP interfaces billow – hob a at presence of macrogeometrical rejections

In article for mathematical description of electrochemical and mechanical running in of system shaft-sliding bearings by with availability macrogeometric rejections exit on the current of material sliding bearings is certain.

Одержано 16.09.09